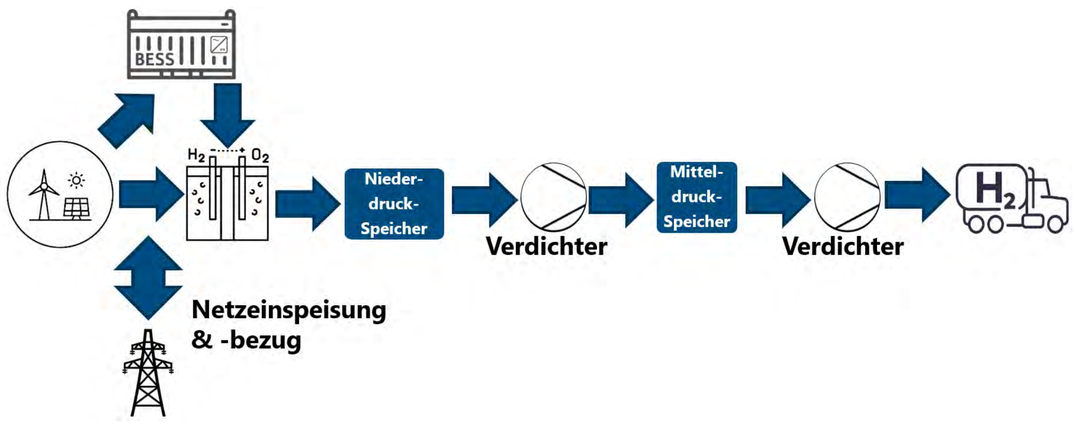
Simulation und Bewertung eines Wind-PV-gekoppelten Wasserstoffsystems für den ÖPNV: Einfluss von Batteriespeicher und Betriebsführung

Mitja Ortleb, Leon Tadayon, Torsten Burgardt, Georg Frey
(Saarbahn Netz GmbH, Lehrstuhl für Automatisierungs- und Energiesysteme (AES), Universität des Saarlandes)

Untersucht wird der Einfluss der Energiekapazität eines Batteriespeichersystems (engl.: Battery Energy Storage System, BESS) auf die Wasserstoffbereitstellung eines wind- und solargekoppelten Elektrolysesystems für den ÖPNV. Das Gesamtsystem wird für das Jahr 2024 mit einer MILP-basierten Betriebsführung simuliert. Bei konstanter BESS-Leistung von 2,495 MW werden vier Energiekapazitäten zwischen 2,5 und 15,0 MWh sowie ein Referenzfall ohne BESS untersucht.

Problembeschreibung

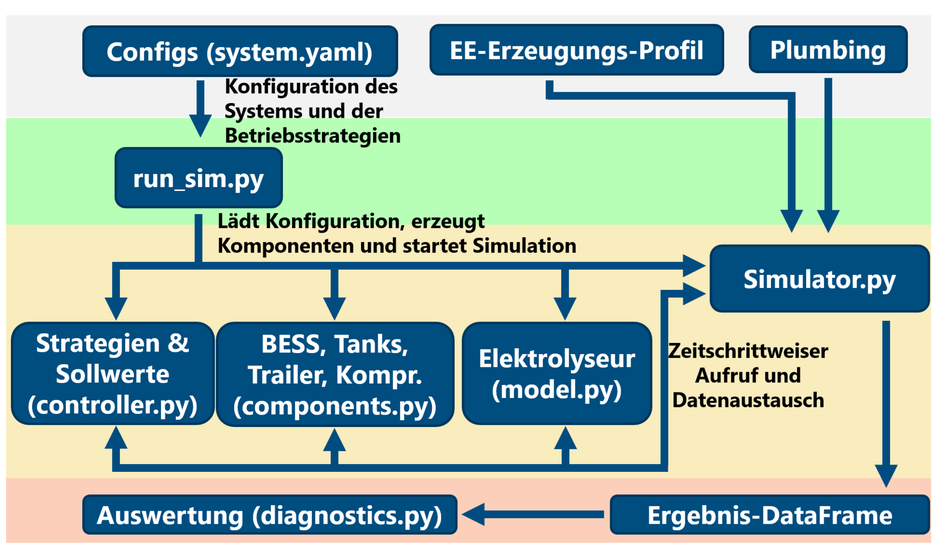
Die fluktuierende Erzeugung aus Wind und PV stimmt zeitlich nicht immer mit dem Leistungsbedarf der Elektrolyse überein. Ein Batteriespeicher kann überschüssige erneuerbare Energie aufnehmen und zeitversetzt für die Wasserstoffproduktion bereitstellen. Entscheidend ist daher, wie stark eine größere BESS-Energiekapazität die H_2-Bereitstellung innerhalb des gekoppelten Gesamtsystems verbessert.



Betrachtete Prozesskette vom Wind-PV-Park bis zur H_2-Bereitstellung im Transporttrailer

Methodik

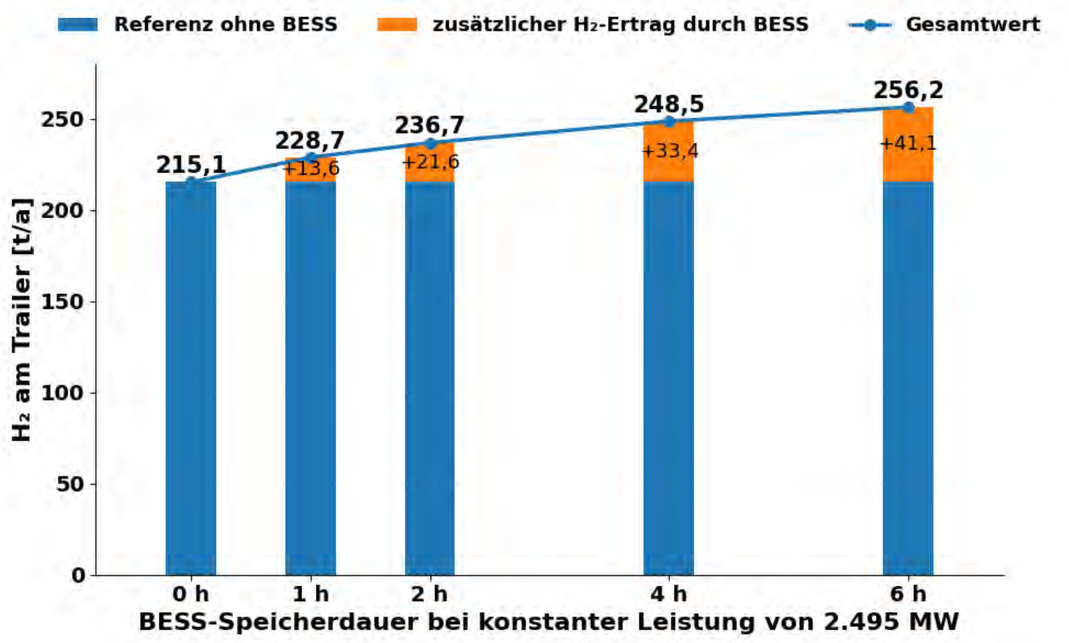
Das gekoppelte Wasserstoffsystem wird in Python zeitdiskret für das vollständige Kalenderjahr 2024 mit einer Auflösung von 15 min simuliert. Die Betriebsführung ist von den physikalischen Komponentenmodellen getrennt und koordiniert Elektrolyseure, BESS, Wasserstoffspeicher und Verdichter. Für die dargestellte Sensitivitätsanalyse wird eine MILP-basierte Betriebsführung verwendet. Bei konstanter BESS-Leistung von 2,495 MW werden Energiekapazitäten von 2,5 MWh, 5,0 MWh, 10,0 MWh und 15,0 MWh sowie ein Referenzfall ohne BESS untersucht.



Programmstruktur und Datenfluss des Python-basierten Simulationsmodells

Ergebnis

Mit zunehmender BESS-Energiekapazität steigt die jährlich am Trailer bereitgestellte H_2-Menge von 215,1 t/a ohne BESS auf 256,2 t/a bei einer Energiekapazität von 15,0 MWh. Dies entspricht einem zusätzlichen H_2-Ertrag von 41,1 t/a. Gleichzeitig fällt der zusätzliche H_2-Mehrertrag bei weiteren Erhöhungen der Energiekapazität zunehmend geringer aus.



Einfluss der BESS-Speicherdauer auf die H_2-Bereitstellung bei konstanter BESS-Leistung von 2,495 MW

Ausblick

Die dargestellte Untersuchung der BESS-Energiekapazität bildet nur einen Teil der Gesamtanalyse. Darüber hinaus werden mehrere regelbasierte Betriebsstrategien und Varianten einer vorausschauenden MILP-basierten Regelung unter identischen Randbedingungen miteinander verglichen. Zusätzlich werden unterschiedliche Wasserstoffspeichertopologien betrachtet, um den Einfluss des Anlagenaufbaus auf den Betrieb zu untersuchen. Die Bewertung beschränkt sich dabei nicht auf die am Trailer bereitgestellte H_2-Menge. Untersucht werden außerdem der Betrieb und die Auslastung der Elektrolyseure, die Nutzung der erneuerbaren Energie, die Beanspruchung des BESS, der Energiebedarf der Verdichtung und die Netzinteraktion. Ergänzend erfolgt eine regulatorische Bewertung hinsichtlich RFNBO-Konformität und Treibhausgasemissionen sowie eine ökonomische Einordnung anhand der strombezogenen Kosten und Wasserstofferlöse.

Gefördert aus dem Transformationsprogramm Forschung und Wissenstransfer Saar durch: